

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003年8月7日 (07.08.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/065089 A1

(51) 国際特許分類⁷: G02B 6/00, 6/16, 6/20

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/00617

(22) 国際出願日: 2003年1月23日 (23.01.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-019525 2002年1月29日 (29.01.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電線工業株式会社 (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES,

LTD.) [JP/JP]; 〒660-0856 兵庫県 尼崎市 東向島西之町 8 番地 Hyogo (JP). 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都 千代田区 大手町二丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

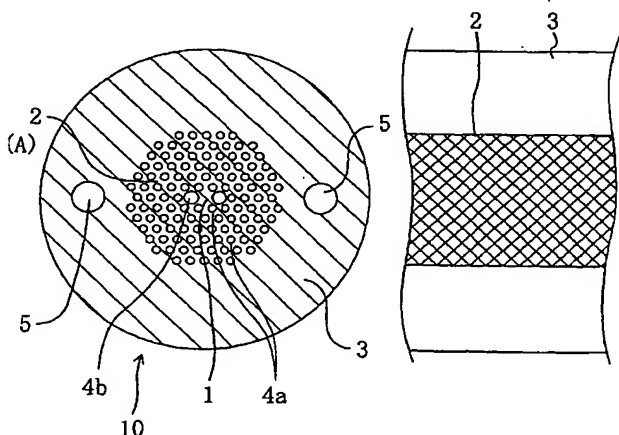
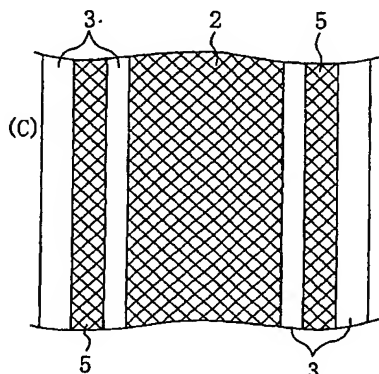
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中正俊 (TANAKA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県 伊丹市 池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 山取真也 (YAMADORI, Shinya) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県 伊丹市 池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 藤田盛行 (FUJITA, Moriyuki) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県 伊丹市 池尻 4 丁目 3 番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).

[続葉有]

(54) Title: POLARIZATION RETAINING PHOTONIC CRYSTAL FIBER

(54) 発明の名称: 偏波保持フォトニッククリスタルファイバ



(57) Abstract: A pair of opposed holes (4b) with a core (1) in between, out of six holes (4a, 4b) adjacent to the core (1), are larger than the other four holes (4a) in diameter, so that a polarization retaining photonic crystal fiber (10) has a function of retaining polarization. An overlaid section (3) is present outside a clad section (2) comprising many holes (4a, 4b) around the core (1). This overlaid section (3) has a pair of marking sections (5) in positions opposed with the core (1) in between. The marking sections are holes (5) and seen in positions different from the clad section (2) when the fiber (10) is viewed from above in the drawing. Thus, the direction of the polarization plane of the polarization retaining photonic crystal fiber (10) is found.

[続葉有]



製作所内 Hyogo (JP). 川西 悟基 (KAWANISHI, Satoki) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木和宜 (SUZUKI, Kazunori) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内 Tokyo (JP). 久保田 寛和 (KUBOTA, Hirokazu) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 前田 弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町1丁目4番8号 太平ビル Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ,

OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

コア1に隣接する六つの細孔4a, 4bのうち、コア1を挟んで相対向する一对の細孔4bが、他の四つの細孔4aよりも径が大きいため、この偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10は偏波保持機能を有する。コア1の周囲の多数の細孔4a, 4bからなるクラッド部2の外側にはオーバークラッド部3が存し、このオーバークラッド部3には、コア1を挟んで相対向する位置に一对のマーキング部5が形成されている。マーキング部5は孔であり、ファイバ10を図の上側から見るとクラッド部2とは異なる位置に視認できて、それにより、偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10の偏波面の方向が判別する。

明細書

偏波保持フォトニッククリスタルファイバ

技術分野

本発明は、偏波保持フォトニッククリスタルファイバに関する。

背景技術

近年、コア及びクラッドからなる通常の光ファイバでは得ることのできない大きな波長分散を発現するものとしてフォトニッククリスタルファイバが注目されている。このフォトニッククリスタルファイバは、コアの周囲に、光ファイバ軸方向に延びる多数の細孔が結晶状に配列されたクラッド部と、さらにクラッド部をサポートするためにクラッド部の周囲に設けられたオーバークラッド部とを備えている。

一方、偏光や干渉を利用した光ファイバセンサやコヒーレント光ファイバ通信等には、偏波安定性が高い偏波保持ファイバを使用している。上記フォトニッククリスタルファイバも、その波長分散特性を生かして偏波保持フォトニッククリスタルファイバとしての使用が検討されている。このようにフォトニッククリスタルファイバを偏波保持ファイバにするには、コア、あるいはコア近辺の細孔配置に工夫を凝らし、例えばコアの断面形状を楕円形状や長方形形状にしたり、コアに隣接する細孔の一部を他の細孔とは異なる径にしたりすればよい。

ところで、二本の光ファイバの端部同士を融着し接合する際には、顕微鏡等により光ファイバを側面より拡大観察して、コアの位置を合わせて端面同士を突き合わせてから融着を行っている。偏波保持ファイバの接合においては、さらに二本のファイバの偏波面を一致させる必要がある。従来偏波保持ファイバとして使用されているPANDAファイバは、コアの両脇に配置された応力付与部分が他の部分と屈折率が異なるため、顕微鏡観察により判別できるので、比較的容易に二本のファイバの偏波面を合わせることができる。

しかしながら、偏波保持フォトニッククリスタルファイバは側面から顕微鏡観察しても、偏波面が判別できるコア近辺の部分はその周囲の多数の細孔に隠されてしまっていて、偏波面を判別することができないので、二本の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの偏波面を一致させて接合することは非常に困難であった。

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、顕微鏡等による拡大観察により偏波面が容易に判別できる偏波保持フォトニッククリスタルファイバを提供することにある。

発明の開示

上記の目的を達成するために、オーバークラッド部に偏波面を表示するマーキング部を備えた偏波保持フォトニッククリスタルファイバとした。

具体的には、請求項1の発明は、コアの周囲に、光ファイバ軸方向に延びる多数の細孔が結晶状に配列されたクラッド部と、該クラッド部の周囲に設けられたオーバークラッド部とを備えた偏波保持フォトニッククリスタルファイバを前提とする。

そして、上記オーバークラッド部に、保持される偏波面を表示するマーキング部が設けられているものとする。

ここで、多数の細孔が結晶状に配列されたというのは、多数の細孔がファイバ横断面において規則的に配列していることであって、例えば、最小単位が正三角形、正方形又は長方形である格子配列等を挙げることができる。細孔は、径が $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ であることがファイバ特性上好ましい。また、保持される偏波面を表示するマーキング部というのは、顕微鏡等による拡大観察により他のオーバークラッド部とは判別される部分であって、保持される偏波面と予め特定の位置関係を有していて、ファイバ内での該マーキング部の位置が判明すれば上記偏波面における偏波方向が判明するということである。判別は、目視によるものであっても良いし、計測器によるものであってもよい。

請求項1の発明であれば、顕微鏡等により拡大観察することで偏波面が判別できるので、容易に偏波保持フォトニッククリスタルファイバと他の光ファイバとを、偏波

面を一致させて接合することができる。接合する他の光ファイバは、偏波保持フォトニッククリスタルファイバ、あるいは他の種類の偏波保持ファイバが挙げられる。

マーキング部は、周囲のオーバークラッド部の遮断波長とは異なる波長の光を遮断したり、あるいは発光したりするもの等を挙げることができる。また、マーキング部とクラッド部との距離が $2\mu\text{m}$ 以上であれば、顕微鏡等による拡大観察においてマーキング部とクラッド部との見分けが付きやすいので好ましい。

次に、請求項2の発明は、請求項1において、上記マーキング部は、上記オーバークラッド部を構成する材料とは屈折率の異なる材料からなるものとする。

請求項2の発明であれば、通常の光学顕微鏡等で容易に偏波面を判別することができるとともに、構造が簡単で製造も容易であるので、製造コストを低くできる。マーキング部は、ファイバ横断面において、一箇所だけ設けることが、コスト等の面から好ましい。

次に、請求項3の発明は、請求項1において、上記マーキング部は、ファイバ軸方向に延びる孔であるものとする。

請求項3の発明であれば、通常の光学顕微鏡等で容易に偏波面を判別することができるとともに、構造が簡単であり、製造が非常に容易であるので、製造コストを請求項2の発明の場合よりもさらに低くできる。孔径は $2\mu\text{m}$ 以上が、視認性良好なので好ましい。孔径が $20\mu\text{m}$ よりも大きくなると、ファイバの機械強度が低下するおそれがあるので、 $20\mu\text{m}$ 以下が好ましい。また、マーキング部とクラッド部との距離がマーキング部の孔径以上であれば、顕微鏡等による拡大観察においてマーキング部とクラッド部との見分けが付きやすいので好ましい。

図面の簡単な説明

図1(A)は、第一の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図、図1(B)は、側面図、図1(C)は、上面図である。

図2は、第二の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図である。

図 3 は、第三の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図である。

図 4 は、第四の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図である。

図 5 は、第五の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図である。

図 6 は、第六の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図である。

図 7 は、第七の実施形態の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図である。

図 8 は、偏波保持機能を有する別の構造の図である。

図 9 は、偏波保持機能を有するさらに別の構造の図である。

図 10 (A) は、従来の偏波保持フォトニッククリスタルファイバの横断面図、図 10 (B) は、側面図、図 10 (C) は、上面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

－第一の実施の形態－

図 1 (A) に第一の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 の横断面を示す。この偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 は、石英ガラスよりなるコア 1 の周囲に、光ファイバ軸方向に延びる多数の細孔 4 a, 4 b が、最小単位が正三角形格子の結晶状に配列されたクラッド部 2 と、このクラッド部 2 の周囲に石英ガラスよりなるオーバークラッド部 3 とを備えている。そして、オーバークラッド部 3 には、コア 1 を挟んで対称の位置に一对のマーキング部 5 が設けられている。

この偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 は、コア 1 に隣接する六つの細孔 4 a, 4 b のうち、コア 1 を挟んで相対向する一对の細孔 4 b が、他の四つの細孔

4 a よりも径が大きい。このような細孔 4 a, 4 b 配置にすることで、偏波保持機能が光ファイバ 10 に備わる。すなわち、大きい径の一对の細孔 4 b の中心を結ぶ直線を含みファイバ横断面に垂直な偏波面（以下、第一の偏波面という）と、それに直交する偏波面（以下、第二の偏波面という）とでは、コア 1 隣接の細孔 4 a, 4 b 配置により、伝搬する二つの偏波モード間の伝搬定数に差ができるので、偏波が保持される。

上記一对のマーキング部 5 は、光ファイバ 10 軸方向に延びていて、クラッド部 2 を構成している細孔 4 a, 4 b よりも径が大きい孔であって、それら細孔の中心は第一の偏波面上にある。すなわち、マーキング部 5 は偏波面を表示する位置に配置されている。

次に、偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 を顕微鏡観察したときに偏波面の方向が判別できることについて説明する。

図 1 (B) は、偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 を図 1 (A) に示す断面の右側から見た側面図である。細孔 4 a, 4 b からなるクラッド部 2 の部分は、石英ガラスだけの部分であるオーバークラッド部 3 よりも屈折率が低いため、黒く見える。このとき、マーキング部 5 も孔であるため黒く見えるはずであるが、クラッド部 2 と重なった位置にあるために、マーキング部 5 の位置は判別できない。一方、図 1 (A) を上側から見ると（図 1 (C) ）、クラッド部 2 とは別に、オーバークラッド部 3 の中に一对のマーキング部 5 を目視することができる。従って、この観測方向に直交する面が第一の偏波面であることが判別でき、二本の偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 を接合するときに顕微鏡等により拡大観察することで偏波面を容易に一致させることができる。

本実施形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 に比べて、図 10 に示す上記マーキング部 5 が存しない従来の偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 20 では、ファイバ 20 側面のどの方向から観察してもほとんど同じに見えるため（図 10 (B) 、 (C) ）、偏波面が判別できない。実際には、クラッド部 2 の幅が少し異なる ($W2 > W1$) のであるが、目視で区別することは不可能である。

次に、本実施形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10の製造方法について説明する。

まず、 SiO_2 製の円筒であるサポート管を用意する。このサポート管はオーバークラッド部3になる部分であって、管としての厚みが大きく外径が内径の2～5倍程度である。それから、サポート管の厚み部分にマーキング部5となる二つの孔をサポート管の軸方向に開ける。これらの孔は、サポート管中心軸を挟んで相対向する位置となるよう、開けられる。さらに、サポート管の内壁を横断面が六角形となるように研削する。

そして次に、互いに同一外径を有する、一本の SiO_2 製の円柱（ロッド）と、二本の SiO_2 製の大内径細管（キャピラリー）と、多数の SiO_2 製の小内径細管（キャピラリー）とを用意する。上記ロッドは、コアになるものとして上記サポート管の中心部に配置し、このロッドの両脇であって、上記マーキング部5用孔の中心同士を結ぶ線上に上記大内径キャピラリーを配置し、サポート管内部空間の残りの部分には上記小内径キャピラリーを詰めて、ファイバ母材であるプリフォームを作製する。プリフォームでのロッドやキャピラリーの配置は、図1（A）の配置と同様である。

上記サポート管及びロッドは、VAD法、OVD法又はMCVD法等の公知の方法で作製すればよい。上記キャピラリーは、比較的大径の円筒部材であるキャピラリー母材を加熱延伸して細径化する線引き加工によって形成すればよい。

こうして作製されたプリフォームは、塩素ガス等で脱水処理を施された後、線引き炉内で加熱した後に延伸する線引き加工を施されて細径化（ファイバ化）され光ファイバとなる。線引き工程の前に、プリフォームの端部を封止しておく、線引き工程時に細孔や孔が潰れてしまうことが防止されるため好ましい。

光ファイバに線引きされると、サポート管とキャピラリー、キャピラリーとロッド、キャピラリー同士は同じ素材であるので、融着一体化して境目がなくなり、図1（A）に示す偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10となる。

これまで説明したように、本実施形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10は、オーバークラッド部3に孔であるマーキング部5を有しているので、顕

微鏡によりファイバ10側面を拡大して観察することにより、偏波面の方向を容易に判別できる。このため、偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10同士、あるいは偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10と他の偏波保持ファイバ等との偏波面を一致させての接合作業が、短時間で簡単に行える上、作業者の熟練度が低くても正確な接合が行える。従って接合作業のコストを低減できる。また、マーキング部5は、オーバークラッド部3となるサポート管に二つ孔を開けるだけなので、容易に短時間で作業でき、製造コストも低くできる。

－第二の実施の形態－

図2は、第二の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10の断面図である。本実施の形態は、第一の実施の形態のマーキング部5を楕円形の孔としたものである。楕円の長径方向が、二つのマーキング部5の中心を結ぶ線の延びる方向に略一致している。ここで、本実施形態の楕円の長径と第一の実施形態のマーキング部5の円の径とが略同じであるので、ファイバ10側面からの視認性は同等であるが、ファイバ10単位長さ当たりのマーキング部5内の表面積が、本実施形態の方が第一の実施形態よりも小さいので、ファイバを曲げたときの破断起点が少なくなり、機械的強度は本実施形態の方が大きくなる。他の作用効果は、第一の実施形態と同様である。また、製造方法も第一の実施形態と同様である。

－第三の実施の形態－

図3は、第三の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10の断面図である。本実施の形態は、マーキング部5を第一の実施の形態よりも小さな径の孔としたものである。本実施の形態は、ファイバ10側面からの視認性は第一の実施の形態よりも劣るが、ファイバ10単位長さ当たりのマーキング部5内の表面積が、本実施形態の方が第一の実施形態よりも小さいので、機械的強度は本実施形態の方が大きくなる。他の作用効果は、第一の実施形態と同様である。また、製造方法も第一の実施形態と同様である。

－第四の実施の形態－

図4は、第四の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10の

断面図である。本実施の形態は、マーキング部 5 を、小径の孔三つをファイバ 10 径方向に一直列に並べて、クラッド部 2 の両脇に二箇所形成している。並び方向の孔三分の長さは、第一の実施の形態のマーキング部 5 の径よりも大きい。本実施の形態は、近接した三つの孔をサポート管に開けるので、やや手間がかかりガラスに割れが生じるおそれがあるが、ファイバ 10 側面からの視認性は第一の実施の形態よりも優っていて、ファイバ 10 単位長さ当たりのマーキング部 5 内の表面積が、本実施形態の方が第一の実施形態よりも小さいので、機械的強度は本実施形態の方が大きくなる。他の作用効果は、第一の実施形態と同様である。また、製造方法も第一の実施形態と同様である。

－第五の実施の形態－

図 5 は、第五の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 の断面図である。本実施の形態は、マーキング部 5 を、小径の孔三つを互いに孔径以上に離して略正三角形に並べて、クラッド部 2 の両脇に二箇所形成している。この正三角形の一辺の長さは、第一の実施の形態のマーキング部 5 の径よりも大きい。本実施の形態は、三つの孔をサポート管に開けるので、やや手間がかかるが、ファイバ 10 側面からの視認性は第一の実施の形態よりも優っていて、ファイバ 10 単位長さ当たりのマーキング部 5 内の表面積が、本実施形態の方が第一の実施形態よりも小さいので、機械的強度は本実施形態の方が大きくなる。他の作用効果は、第一の実施形態と同様である。また、製造方法も第一の実施形態と同様である。

－第六の実施の形態－

図 6 は、第六の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ 10 の断面図である。本実施の形態は、マーキング部 5 を第一の実施の形態よりも小さな径の孔一つだけとしたものである。本実施の形態は、ファイバ 10 側面からの視認性は第一の実施の形態よりも劣るが、マーキング部 5 用の穴開け加工の手間が少なくなり、ファイバ 10 単位長さ当たりのマーキング部 5 内の表面積が、本実施形態の方が第一の実施形態よりも小さいので、機械的強度は本実施形態の方が大きくなる。他の作用効果は、第一の実施形態と同様である。また、製造方法も第一の実施形態と同様であ

る。

－第七の実施の形態－

図7は、第七の実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10の断面図である。本実施の形態は、第一の実施の形態よりも小さな径の孔二つをクラッド部2の径と同じ距離だけ離して配置してマーキング部5としたものである。本実施の形態は、ファイバ10側面からの視認において、図7の真上又は真下から観察した場合は、マーキング部5がクラッド部2に隠れて見えないが、真上や真下からファイバ10を少し回転させた位置で見ると、マーキング部5が見える。すなわち、本実施の形態に係る偏波保持フォトニッククリスタルファイバ10は、側面からの顕微鏡等による拡大観察により偏波面の方向を正確に知ることができ、偏波面同士のずれが非常に小さいファイバ10同士の接合を行える。また、ファイバ10単位長さ当たりのマーキング部5内の表面積が、本実施形態の方が第一の実施形態よりも小さいので、機械的強度は本実施形態の方が大きくなる。他の作用効果は、第一の実施形態と同様である。また、製造方法も第一の実施形態と同様である。

－その他の実施の形態－

上記の実施形態は例であって、本発明はこれらの例に限定されない。偏波保持機能を発現させる構造は、図8や図9に示す構造でも構わない。図8は、コア1に隣接した六個の細孔4a、4bのうち、コア1を挟んで相対向する一对の細孔4aよりも、他の四つの細孔4bの方が径が大きい。これらの周りは、小径の細孔4aが多数結晶状に配置されてクラッド部2になっている。図9は、コア1径が直交する二方向で異なっていて、偏波保持機能を発現している。このコア1の径の比は、図の縦が二に対して横が一の割合となっていて、コア1の周囲は、小径の細孔4aが多数結晶状に配置されてクラッド部2になっている。さらに、上記構造に限らず偏波保持機能さえあれば、どのような構造でも構わない。

ファイバ10の構成材料は、石英ガラス以外のガラスやプラスチック等でも構わないし、石英ガラスにGe、B、F等をドーピングしたガラスでも構わない。クラッド部2の細孔配置は、最小単位が正方形や長方形、ハニカム構造等の規則的な配置でも構わ

ない。また、細孔4a, 4b形状は、円形、楕円形、多角形、半円状、その他どのような形でも構わない。クラッド部2を構成する小径の細孔4aの径は、全て同じでも良いし、異なるものがあっても良い。また、コア1にのみGe、B、F等をドープしても構わない。コア1に細孔を設けてもよいし、コア1が空孔であっても構わない。

マーキング部5は、孔ではなくても構わない。例えば、屈折率の異なる材料を充填したり、ある光を当てると特定の波長で発光する物質をドープしたガラス等を充填したりしても良い。この特定波長は、目視できなくても測定器で判別できればよい。また、マーキング部5の形状や径の大きさ、位置配置も、ファイバ10側面からの観察で視認できれば、どのようなものでも構わない。マーキング部5の位置は、偏波面を表示できれば、すなわち、マーキング部5の位置と偏波面方向の関係が予め決められていれば、オーバークラッド部3のどこであっても構わない。

また、クラッド部2の細孔4a, 4bに石英ガラス以外の材料、例えば、他の種類のガラスやポリマー、GeやBやF等をドープした石英ガラス等を充填しても構わない。ファイバの製造方法も、細孔4a, 4b、マーキング部5を全てドリル等で開けてもよいし、逆に全てキャピラリーで構成しても良い。

本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に述べる効果を奏する。

オーバークラッド部に偏波面を表示するマーキング部を備えた偏波保持フォトニック結晶ファイバであるので、ファイバ側面からの拡大観察により、偏波面方向を容易に視認することができる。従って、二本のファイバを接合するときに、短時間で簡単に偏波面を一致させることができ、作業のコストが下がる。さらに、マーキング部を孔とすると、製造が容易であるため、安価に製造できる。

産業上の利用可能性

本発明の偏波保持フォトニック結晶ファイバは、顕微鏡など用いて容易に偏波面を見分けることができ、容易に製造されうるので、産業上の利用可能性は高い。

請求の範囲

1. コアの周囲に、光ファイバ軸方向に延びる多数の細孔が結晶状に配列されたクラッド部と、該クラッド部の周囲に設けられたオーバークラッド部とを備えた偏波保持フォトニッククリスタルファイバであって、

上記オーバークラッド部に、保持される偏波面を表示するマーキング部が設けられていることを特徴とする偏波保持フォトニッククリスタルファイバ。

2. 請求項1において、

上記マーキング部は、上記オーバークラッド部を構成する材料とは屈折率の異なる材料からなることを特徴とする偏波保持フォトニッククリスタルファイバ。

3. 請求項1において、

上記マーキング部は、ファイバ軸方向に延びる孔により構成されていることを特徴とする偏波保持フォトニッククリスタルファイバ。

1/9

FIG. 1

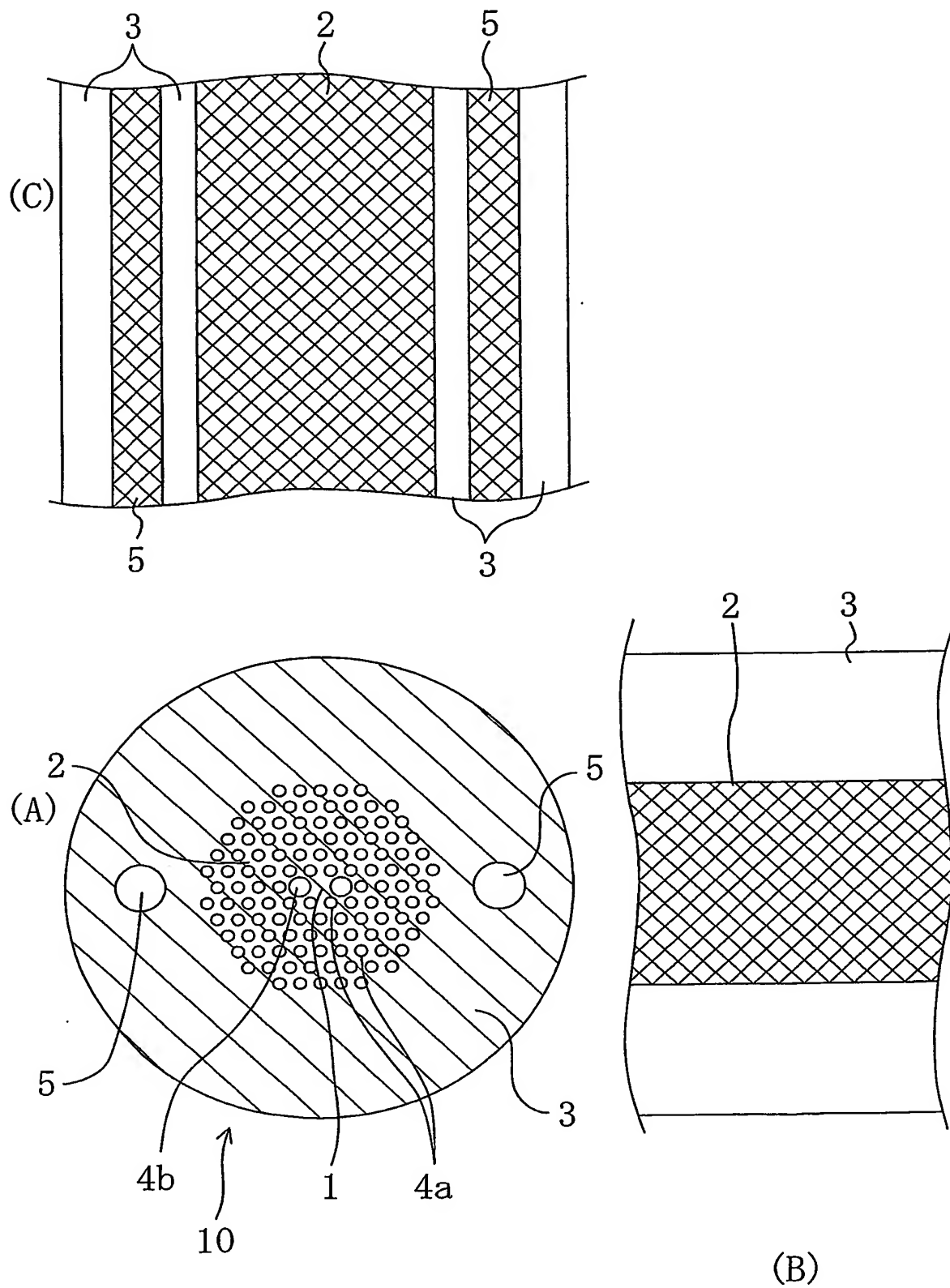


FIG. 2

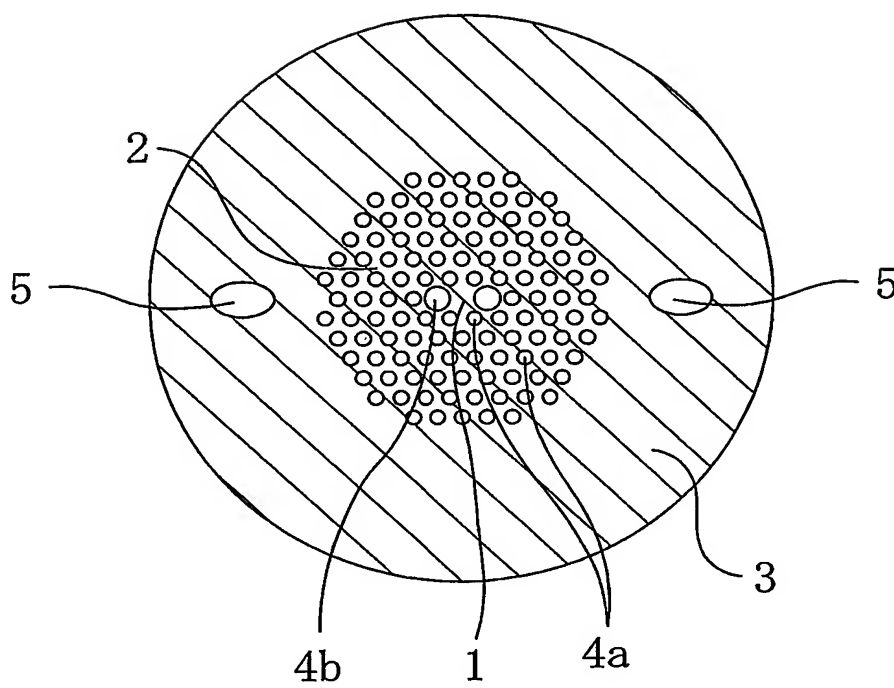
10

FIG. 3

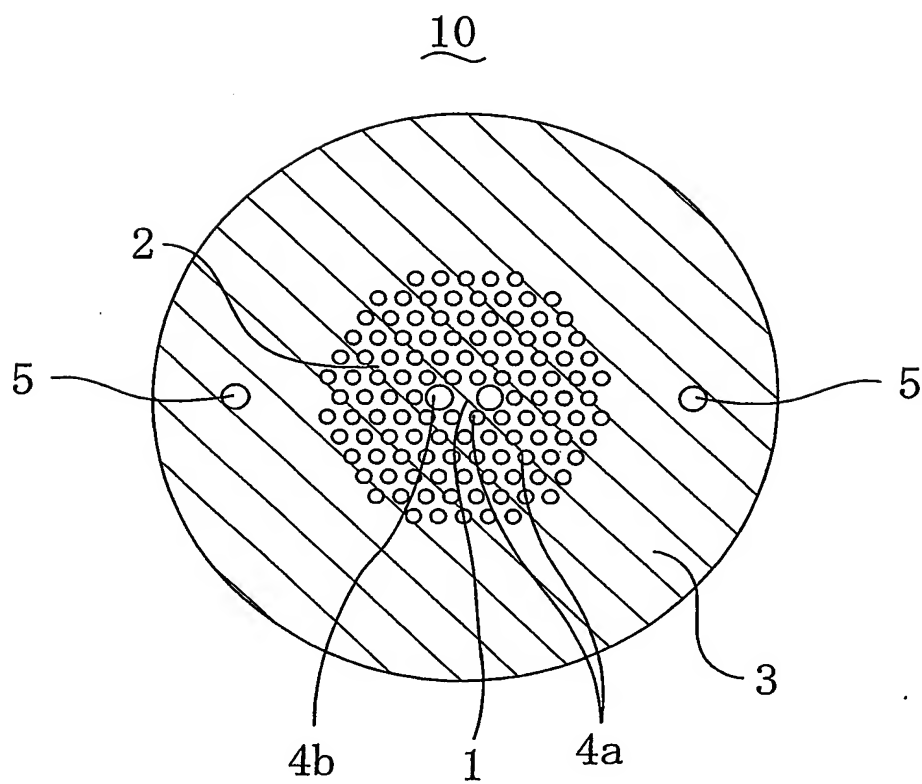


FIG. 4

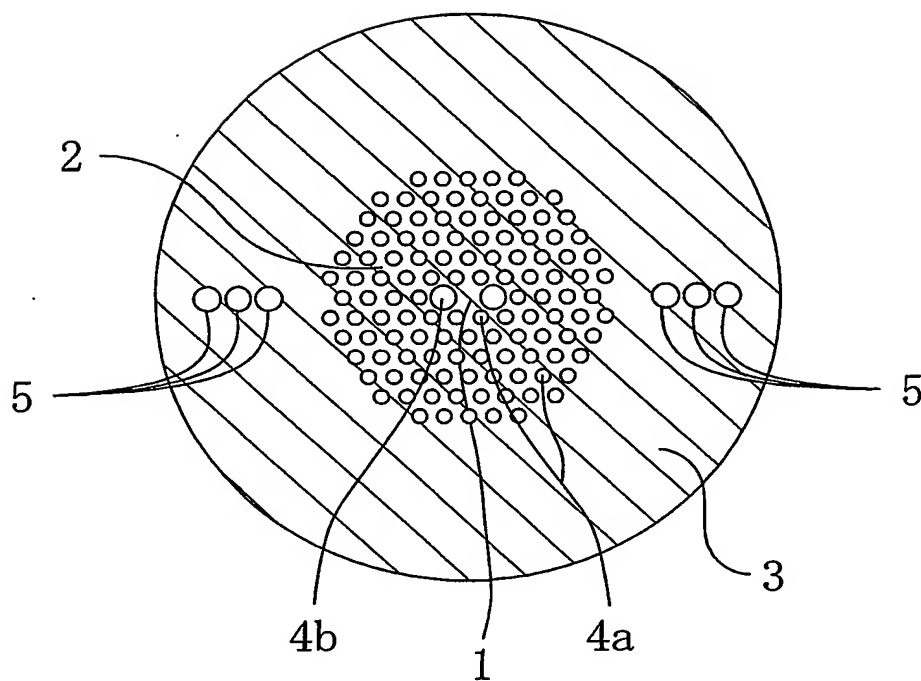
10

FIG. 5

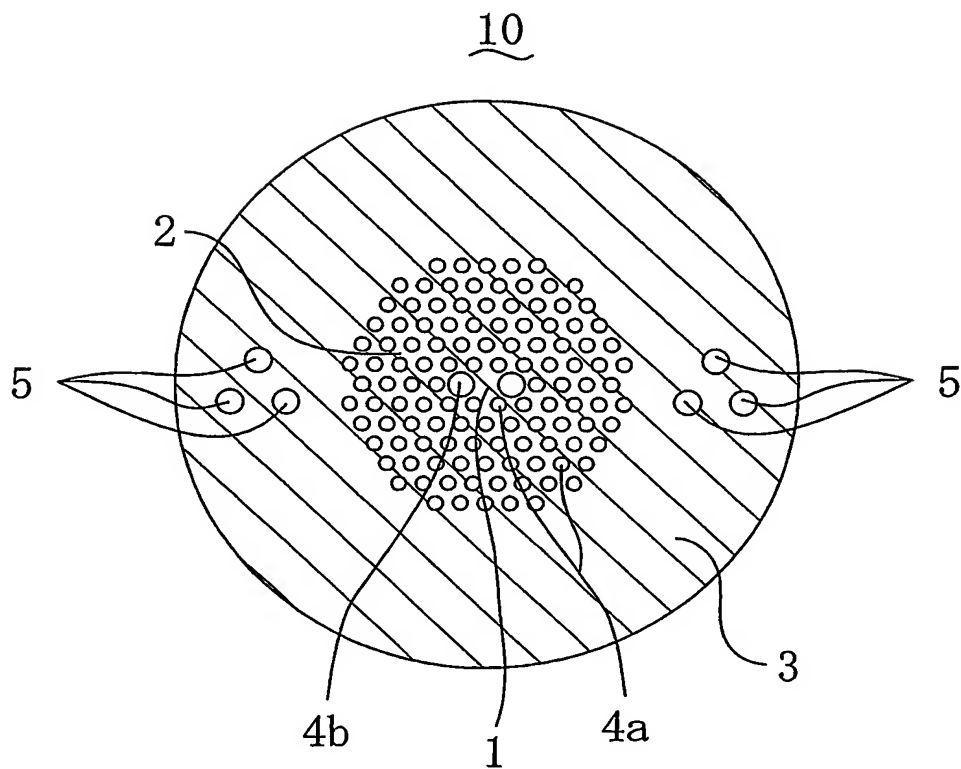
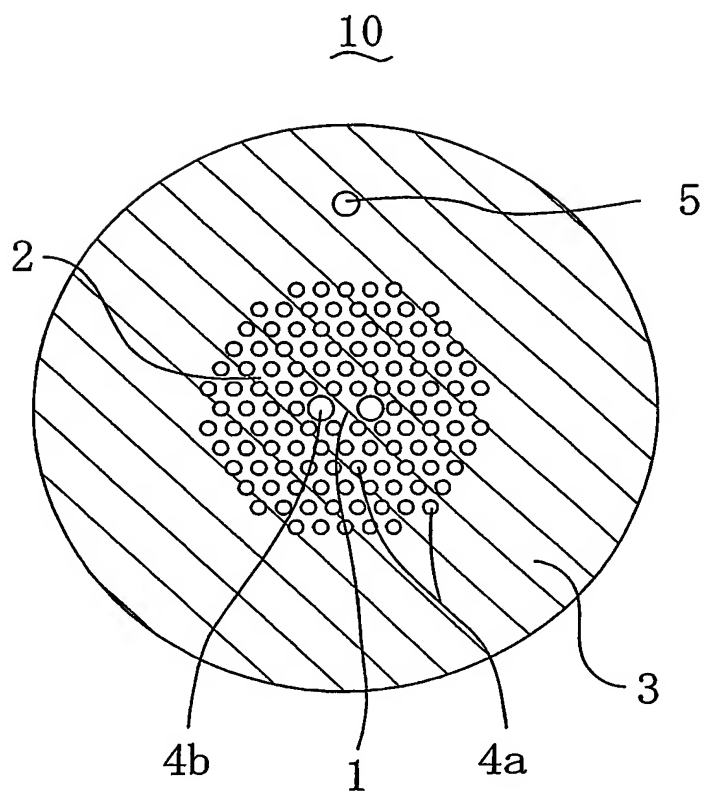


FIG. 6



7/9

FIG. 7

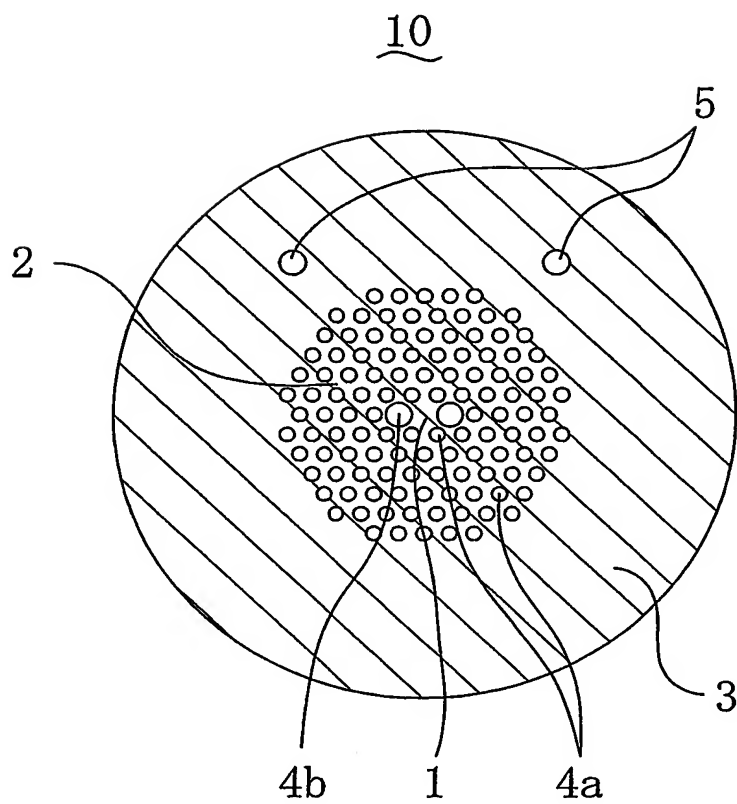


FIG. 8

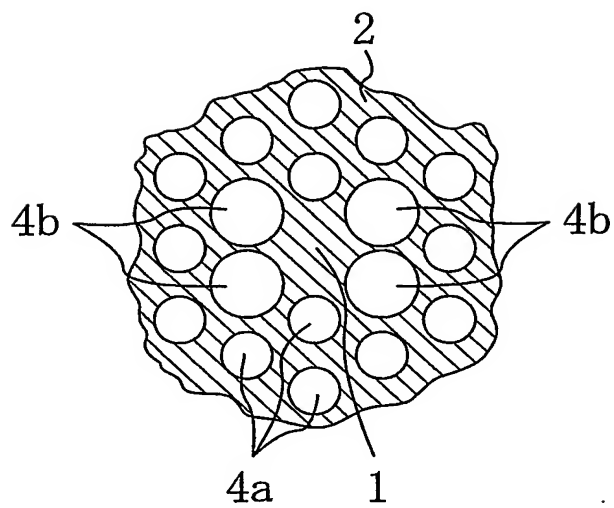


FIG. 9

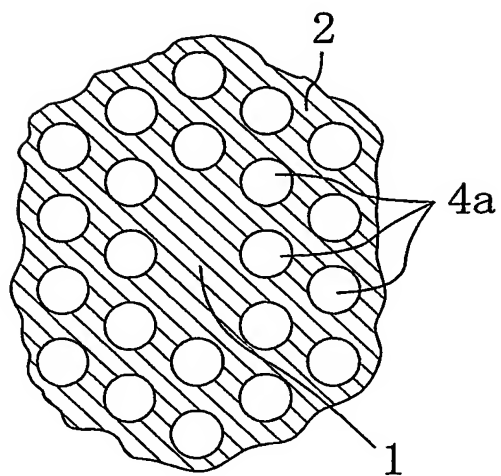
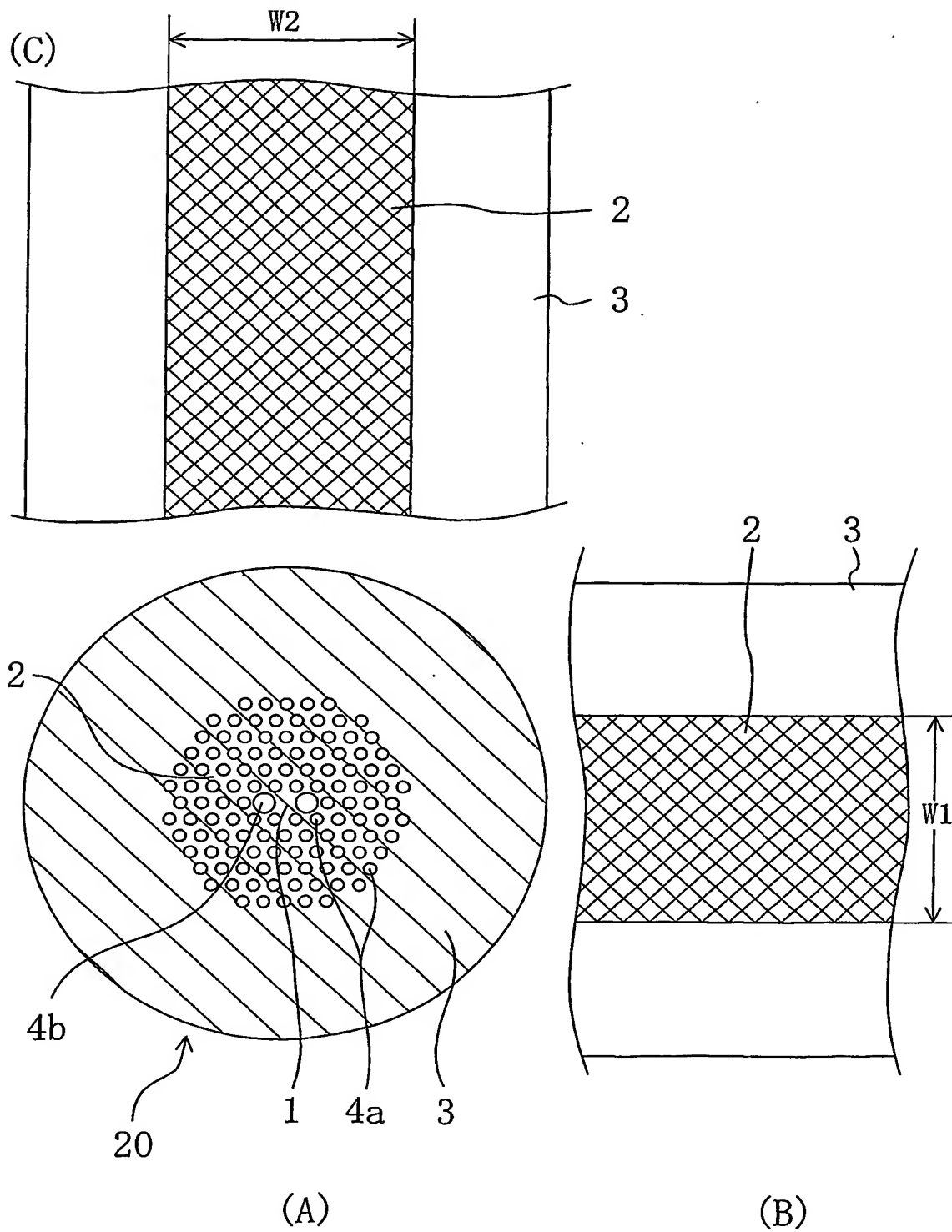


FIG. 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/00617

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B6/00, G02B6/16, G02B6/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/00, G02B6/10, G02B6/16-6/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JOIS (JSTPLUS)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 59-19902 A (Fujikura Densen Kabushiki Kaisha), 01 February, 1984 (01.02.84), Full text; all drawings; particularly, Claims; Fig. 1 (Family: none)	1-3
Y	JP 60-264341 A (Fujikura Densen Kabushiki Kaisha), 27 December, 1985 (27.12.85), Full text; all drawings; particularly, Claims; Fig. 4 (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 April, 2003 (21.04.03)

Date of mailing of the international search report

06 May, 2003 (06.05.03)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/00617

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	SUZUKI, K. et al., High-speed bi-directional polarization division multiplexed optical transmission in ultra low-loss(1.3dB/km) polarization-maintaining photonic crystal fibre. In: Electronics Letters, (US), 08 November, 2001 (08.11.01), Vol.37, No.23, pages 1399 to 1401	1-3
Y	LIBORI, S.B. et al., High-birefringent photonic crystal fiber. In: Optical Fiber Communication Conference and Exhibit 2001, (US), 2001, Vol.2, TuM2	1-3
Y	STEEL, M.J. et al., Polarization and Dispersive Properties of Elliptical-Hole Photonic Crystal Fibers. In: Journal of Lightwave Technology, (US), April, 2001, Vol.19, No.4, pages 495 to 503	1-3
Y	JP 63-6507 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 12 January, 1988 (12.01.88), Full text; all drawings; particularly, Claims; 'effect of the invention'; Fig. 1 (Family: none)	3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/00, G02B6/16, G02B6/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/00, G02B6/10, G02B6/16-6/22

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS(JSTPLUS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 59-19902 A (藤倉電線株式会社) 1984.02.01 全文, 全図 (特に、特許請求の範囲, 第1図) (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 60-264341 A (藤倉電線株式会社) 1985.12.27 全文, 全図 (特に、特許請求の範囲, 第4図) (ファミリーなし)	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.04.03

国際調査報告の発送日

06.05.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

門田 かづよ



2K

3103

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	SUZUKI, K. et al. High-speed bi-directional polarisation division multiplexed optical transmission in ultra low-loss (1.3dB/km) polarisation-maintaining photonic crystal fibre. In: Electronics Letters, (US), 8th November 2001, Vol. 37, No. 23, p. 1399-1401	1 - 3
Y	LIBORI, S. B. et al. High-birefringent photonic crystal fiber. In: Optical Fiber Communication Conference and Exhibit 2001, (US), 2001, Vol. 2, TuM2	1 - 3
Y	STEEL, M. J. et al. Polarization and Dispersive Properties of Elliptical-Hole Photonic Crystal Fibers. In: Journal of Lightwave Technology, (US), April 2001, Vol. 19, No. 4, p. 495-503	1 - 3
Y	J P 63-6507 A (住友電気工業株式会社) 1988. 01. 12 全文, 全図 (特に、特許請求の範囲, [発明の効果], 第1図) (ファミリーなし)	3